

Pemantauan Radiasi Gamma dengan Detektor RadEye PRD-ER di Fasilitas *Cyclotron* Medik Selama Produksi Fluor-18

Rosa Dian Teguh Pratiwi¹, Chomsin S. Widodo¹, Bunawas²

¹) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya,

²) Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - Badan Tenaga Nuklir Nasional

Email : rosardtp@gmail.com

Abstrak

Produksi Fluor-18 (F-18) dengan *cyclotron* di fasilitas pelayanan PET menghasilkan dampak negatif yaitu dihasilkannya radiasi gamma yang besarnya signifikan. Besar laju dosis radiasi gamma yang sampai ke ruangan kerja di fasilitas *cyclotron* perlu untuk diketahui agar dapat menjadi bahan kajian dalam upaya optimalisasi tindakan proteksi radiasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar laju radiasi gamma di ruangan Fasilitas *Cyclotron* dengan menggunakan dosimeter RadEye PRD-ER. Laju dosis ekuivalen gamma diukur dengan RadEye PRD-ER pada saat produksi F-18 dan radiofarmaka FDG dengan *Cyclotron* (*Cyclone* 18/9) pada waktu iradiasi target 25, 50, dan 70 menit. Laju dosis ekuivalen radiasi gamma yang terdeteksi pada saat produksi F-18 berkisar antara 0,03 - 0,05 $\mu\text{Sv/jam}$ dan pada saat sintesis, *sampling*, dan *quality control* FDG berkisar antara 0,10 - 25,10 $\mu\text{Sv/jam}$.

Kata Kunci: *Cyclotron*, Siklotron, Pengawasan Area, Fluor-18, F-18, FDG.

Pendahuluan

Pemantauan atau *monitoring* paparan radiasi gamma di area kerja diperlukan dalam upaya proteksi radiasi akibat radiasi gamma yang ditimbulkan di fasilitas *cyclotron*. *Area monitoring* bertujuan untuk mengetahui laju dosis ekuivalen radiasi gamma yang mungkin menembus atau bocor ke tempat pekerja beraktivitas. Pemilihan Fluor-18 (F-18) sebagai fokus dalam penelitian dikarenakan radionuklida tersebut banyak digunakan di instalasi kedokteran nuklir PET. Penyebab banyak digunakannya F-18 adalah waktu paruhnya yang tidak terlalu singkat yaitu 110 menit sehingga memberikan waktu yang lebih untuk proses sintesis radiofarmaka ⁽¹⁾. Alasan lain pemilihan produksi F-18 dengan reaksi $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ sebagai kasus referensi untuk investigasi dalam penelitian ini adalah radiasi gamma tertinggi diperoleh dari produksi radionuklida Fluor-18 dengan reaksi $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ dibandingkan pada produksi radionuklida lain dengan reaksi $^{16}\text{O}(p,\alpha)^{13}\text{N}$, $^{14}\text{N}(p,\alpha)^{11}\text{C}$, dan $^{14}\text{N}(d,n)^{15}\text{O}$, sehingga kasus ini penting untuk dipelajari lebih lanjut ⁽²⁾.

Proses-proses yang terjadi pada pencitraan dengan menggunakan radiofarmaka dengan teknologi PET yaitu: produksi radionuklida dengan penembakan (*bombardment*) partikel menggunakan akselerator seperti *cyclotron*; sintesis untuk mendapatkan radiofarmaka pada bentuk molekul yang diinginkan; proses pengawasan kualitas (*quality control/QC*); dan persiapan radiofarmaka untuk administrasi kemudian pada pasien, termasuk persiapan transport radiofarmaka ⁽³⁾.

Cyclone 18/9 merupakan *cyclotron* pemercepat ion negatif yang berturut turut dapat memercepat ion hidrogen dan deuterium hingga energi 18 MeV dan 9 MeV ⁽⁴⁾. Efek dari produksi F-18 dengan *cyclotron* menghasilkan radiasi neutron dan radiasi gamma yang terhambur kesegala arah ⁽⁵⁾. Medan radiasi neutron selalu diikuti oleh radiasi gamma yang berasal dari reaksi produksi neutron dan dari interaksi neutron sekunder dengan lingkungannya ⁽⁶⁾. Neutron atau flux gamma dari *cyclotron* juga dapat mengaktivasi material kubah beton (*cyclotron vault*) sehingga menghasilkan beberapa produk aktivasi, misalnya dengan reaksi $^{151}\text{Eu}(n,\gamma)^{152}\text{Eu}$, $^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$, $^{133}\text{Cs}(n,\gamma)^{134}\text{Cs}$, dan $^{132}\text{Ba}(n,\gamma)^{133}\text{Ba}$ ⁽⁷⁾.

Metode

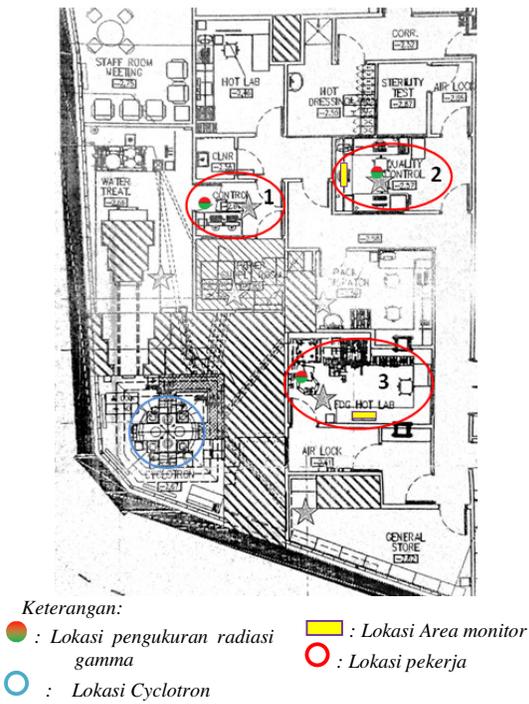
a) Alat dan Bahan

Detektor yang digunakan untuk pengukuran laju dosis ekuivalen radiasi gamma adalah dosimeter RadEye PRD-ER. *Cyclotron* yang digunakan untuk produksi F-18 adalah *Cyclone 18/9* buatan IBA Belgium.

b) Pengukuran laju dosis ekuivalen radiasi gamma di fasilitas *cyclotron* medik selama produksi F-18

Pengukuran dilakukan di fasilitas *cyclotron* medik salah satu rumah sakit penyedia layanan PET di Jakarta, Indonesia. Lokasi yang dipilih menjadi titik pengukuran adalah ruangan di sekitar kubah *cyclotron* yang ditempati oleh petugas, ditunjukkan pada Gambar 1. Pengukuran dilakukan pada tiga kali waktu *bombardment* yaitu 25 menit (Produksi I), 50 menit (Produksi II), dan 70 menit (Produksi III). Pengukuran laju dosis radiasi setelah proses produksi F-18

dilakukan pada saat sintesis radiofarmaka FDG, pengambilan sampel untuk QC, dan pada saat QC.



Gambar 1. Denah ruangan fasilitas *Cyclotron* beserta titik pengukuran.

Laju dosis ekuivalen radiasi gamma dalam ruang kerja Fasilitas *cyclotron* selama produksi radionuklida F-18 ditunjukkan pada Tabel 1. Radiasi positron dianggap tidak berkontribusi signifikan pada laju dosis keseluruhan karena adanya perisai dan proses sintesa yang otomatis⁽³⁾. Tabel 1 menunjukkan bahwa ada radiasi gamma yang sampai ke ruangan pekerja. Radiasi gamma yang terukur oleh detektor RadEye tidak menunjukkan pola seiring dengan bertambahnya waktu *bombardment*, hal tersebut dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti absorpsi sebagian energi radiasi gamma oleh sekat ruangan.

Laju dosis ekuivalen radiasi gamma dalam ruang kerja Fasilitas *cyclotron* setelah proses produksi radionuklida F-18, yaitu pada saat proses sintesis FDG, *sampling*, dan *quality control* ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa radiasi gamma tertinggi terdeteksi pada saat proses *sampling* dan *quality control*, dimana pekerja menangani FDG yang radioaktif secara langsung, tidak seperti pada saat sintesis yang menggunakan bantuan alat pensistesis yang memiliki *shielding* sendiri.

Hasil Dan Pembahasan

Tabel 1. Laju dosis ekuivalen gamma dalam ruang kerja Fasilitas *cyclotron* selama produksi radionuklida F-18.

| Produksi/ Waktu Iradiasi | Nama Ruang/ Posisi Titik | | Laju Dosis Ekuivalen dalam Ruang Kerja ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) |
|--------------------------|--------------------------|---|--|
| Produksi I / 25 Menit | Control room | 1 | 0,05 |
| | Quality control | 2 | 0,03 |
| | Hot Lab FDG | 3 | 0,04 |
| Produksi II / 50 Menit | Control room | 1 | 0,05 |
| | Quality control | 2 | 0,05 |
| | Hot Lab FDG | 3 | 0,05 |
| Produksi III / 70 Menit | Control room | 1 | 0,04 |
| | Quality control | 2 | 0,04 |
| | Hot Lab FDG | 3 | 0,05 |

Tabel 2. Laju dosis ekuivalen gamma dalam ruang kerja Fasilitas *cyclotron* setelah produksi radionuklida F-18.

| Produksi/ Waktu Iradiasi | Nama Ruang/ Posisi Titik | | Laju Dosis Ekuivalen dalam Ruang Kerja ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) |
|--------------------------|--------------------------|---|--|
| Produksi I / 25 Menit | Sintesis | 1 | 0,10 |
| | Sampling | * | 6,00 |
| | Quality control | 2 | 6,50 |
| Produksi II / 50 Menit | Sintesis | 1 | 0,12 |
| | Sampling | * | 3,49 |
| | Quality control | 2 | 3,59 |
| Produksi III / 70 Menit | Sintesis | 1 | 0,21 |
| | Sampling | * | 25,10 |
| | Quality control | 2 | 11,05 |

Keterangan : **sampling* dilakukan di Hot Laboratory lantai 2.

Simpulan

1. Radiasi gamma terdeteksi di ruang kerja fasilitas *cyclotron* (*Cyclone 18/9*) pada saat produksi Fluor-18.
2. Laju dosis ekuivalen radiasi gamma yang terdeteksi pada saat produksi F-18 berkisar antara 0,03 - 0,05 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ dan pada saat sintesis, *sampling*, dan *quality control* FDG berkisar antara 0,10 – 25,10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$.

Daftar Pustaka

- [1] Jadvar, H. and J.A. Parker. 2005. *Clinical PET and PET-CT*. Springer. London.
- [2] Danguy, H. T., John S., Paul U., and Garry E.1998. Occupational Radiation Exposure at The Self-Shielded IBA *Cyclone 10/5 Cyclotron* of The A&RMC, Melbourne Australia. *Proceedings of The 15th International Conference on Cyclotrons and their Applications*. 105-107.
- [3] Pérez, S., J. Baró, A. Ruiz, and J. Fernández. 2004. Occupational Dosimetry At A Cyclotron Facility. *Proc. IRPA 11 Congress, Madrid, 23-28 May*.
- [4] Kusuma, A., Riski A. T., Hari S. 2012. Pengoperasian *Cyclone 18/9* Untuk Produksi Radionuklida ^{18}F Dalam Penyiapan Radiofarmaka FDG Di Rumah Sakit MRCCC Jakarta. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya November 2012*. 14:202-212.
- [5] Wurdianto, G., Hermawan C. dan Pujadi. 2009. Standardisasi F-18 Menggunakan Metode Spektrometri Gamma. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN Bandung 3 Juni 2009*. 227-231.
- [6] Yoshida, T., Norio T., and Hideaki M. 2014. Measurement of Photon Dose Rates in Moderated Neutron Calibration Fields. *Progress in Nuclear Science and Technology*. 4:396-399.
- [7] IAEA. 2009. *Cyclotron Produced Radionuclides : Guidelines For Setting Up A Facility* (Technical Reports Series no. 471). International Atomic Energy Agency. Vienna.